

DERWENT-ACC-NO: 1997-499398

DERWENT-WEEK: 199747

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Coherent OTDR appts used in optical communication system
- is equipped with wavelength controller to control wavelength of lights emitted by variable wavelength loading and probing light sources, respectively

PATENT-ASSIGNEE: ADVANTEST KK[ADVAN]

PRIORITY-DATA: 1996JP-0043003 (February 29, 1996)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
JP 09236513 A	September 9, 1997	N/A	007
G01M 011/02			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
JP 09236513A	N/A	1996JP-0043003
February 29, 1996		

INT-CL (IPC): G01M011/02

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09236513A

BASIC-ABSTRACT:

The appts includes an optical fibre, equipped with a variable wavelength loading light source (2) and a variable wavelength probing light source (3) connected to an optical fibre communication system. The coherent light pulse generator (4) generates coherent light signals at predetermined frequency, using the variable wavelength loading and probing light radiation.

The wavelength of the generated coherent signal depends on the channel wavelength used in the communication system. A wavelength controller (11) controls the variable wavelength loading and probing light sources. The generated coherent light is projected on the optical fibre from which it gets reflected.

**ADVANTAGE - Measures loss of optical fibre and position of fracture point.
Improves quality of service. Measures time characteristics.**

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/8

**TITLE-TERMS: COHERE OTDR APPARATUS OPTICAL
COMMUNICATE SYSTEM EQUIP WAVELENGTH
CONTROL CONTROL WAVELENGTH LIGHT EMIT
VARIABLE WAVELENGTH LOAD
PROBE LIGHT SOURCE RESPECTIVE**

DERWENT-CLASS: S02 S03 V07

EPI-CODES: S02-J04A1; S03-E04C; V07-J; V07-K04;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-416105

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236513

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl.⁵
G 0 1 M 11/02

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 1 M 11/02

技術表示箇所

J

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-43003

(22) 出願日 平成8年(1996)2月29日

(71) 出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72) 発明者 森 宏

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会
社アドバンテスト内

(72) 発明者 里村 裕明

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会
社アドバンテスト内

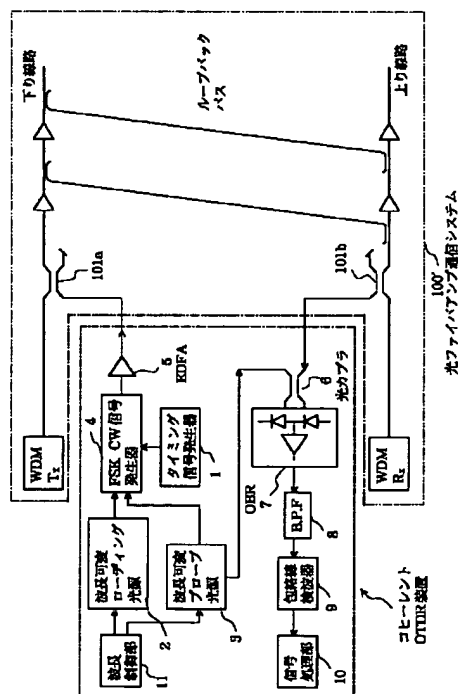
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 コヒーレントOTDR装置およびコヒーレントOTDR測定方法

(57) 【要約】

【課題】 通信中(インラインサービス中)でも線路特性の測定を行うことができ、光ファイバアンプを用いた波長多重光通信システムの各チャンネルに関する線路の障害点探索を行うことのできるコヒーレントOTDR装置を提供する。

【解決手段】 光ファイバ通信システムを構成する被測定光ファイバにコヒーレント光パルスを入射し、該被測定光ファイバからの戻り光を基に線路特性を測定するコヒーレントOTDR装置において、波長可変ローディング光源2と、波長可変プローブ光源3と、ローディング光およびプローブ光を入力とし、これらから所定の繰り返し周波数のタイミング信号を基にコヒーレント光パルス生成手段(1、4)と、光ファイバ通信システムにて使用されるチャンネル波長に応じて、波長可変ローディング光源2および波長可変プローブ光源3の波長を制御する波長制御部11とを備える。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバ通信システムを構成する被測定光ファイバにコヒーレント光パルスを入射し、該被測定光ファイバからの戻り光を基に線路特性を測定するコヒーレントOTDR装置において、

波長可変ローディング光源と、

波長可変プローブ光源と、

前記波長可変ローディング光源から出射されたローディング光および前記波長可変プローブ光源から出射されたプローブ光を入力とし、これらから所定の繰り返し周波数のタイミング信号を基に前記コヒーレント光パルスを生成するコヒーレント光パルス生成手段と、

前記光ファイバ通信システムにて使用されるチャンネル波長に応じて、前記波長可変ローディング光源および波長可変プローブ光源の波長を制御する波長制御手段と、を有することを特徴とするコヒーレントOTDR装置。

【請求項2】 請求項1に記載のコヒーレントOTDR装置において、

光ファイバ通信システムが波長多重光通信可能なシステムであり、

前記波長制御手段が、前記波長多重光通信における各チャンネル波長に応じて、前記波長可変ローディング光源および波長可変プローブ光源の波長を制御することを特徴とするコヒーレントOTDR装置。

【請求項3】 波長多重光通信可能な光ファイバ通信システムを構成する被測定光ファイバに、プローブ光とローディング光から生成されたコヒーレント光パルスを入射し、該被測定光ファイバからの戻り光を基に線路特性を測定するコヒーレントOTDR測定方法であって、前記波長多重光通信における各チャンネル波長毎に、前記プローブ光の波長を測定するチャンネル波長と同じ波長に設定して、前記ローディング光の波長を該設定されたプローブ光の波長から所定間隔ずれた波長に設定することを特徴とするコヒーレントOTDR測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを用いた光通信システムにおける線路の損失および破断点の位置等（線路特性）の測定を行うコヒーレントOTDR（Optical Time Domain Reflectometry）装置およびコヒーレントOTDR測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図3に従来のコヒーレントOTDR装置の概略構成を示す。同図において、コヒーレントOTDR装置は所定の長さの光ファイバが光アンプでつながった光ファイバアンプ通信システム100と接続されており、コヒーレント光パルスを光ファイバアンプ通信システム100の被測定光ファイバに入力し、該被測定光ファイバからの戻り光を光ヘテロダイン検波（あるいは光ホモダイン検波）で検出し、その光ファイバの損失およ

2

び破断点の位置等を測定する。その構成は、タイミング信号発生器101、ローディング光源102、プローブ光源103、FSK CW信号発生器104（FSK: frequency shift keying の略、CW: CW変調）、EDFA (erbium doped fiber amplifier) 105、光カプラ106、OBR (optical balanced receiver) 107、BPF (バンド・パス・フィルタ) 108、包絡線検波器109、信号処理部110よりなる。

【0003】FSK CW信号発生器104は、ローディング光源102およびプローブ光源103からのローディング光 λ_L およびプローブ光 λ_P を入力とし、これらからタイミング信号発生器101からのタイミング信号に基づいてプローブ光 λ_P の波長を所定周波数シフトさせたパルス状のコヒーレント光パルスを出力する。すなわち、図4に示すような、一定のパワーで、光周波数がプローブ光 λ_P の波長が $\Delta\lambda$ だけシフトした光を出力する。このFSK CW信号発生器104から出力された被測定光はEDFA 105を介して光ファイバアンプ通信システム100の下り線路に入力されている。

【0004】プローブ光源103からのプローブ光は上記FSK CW信号発生器104に入力されている他に光カプラ106に入力されている。この光カプラ106には、光ファイバアンプ通信システム100の上り線路が接続されており、この上り線路より上記光ファイバアンプ通信システム100の下り線路に入力されたFSK CW信号発生器104からのコヒーレント光パルスの戻り光が入射される。ここで、戻り光は、図5に示す2つの成分からなる。1つは、プローブ光源に対する応答で、各アンプにて接続された光ファイバの損失、波断の情報を含む。もう1つは、ローディング光源による戻り光で、ほぼ一定の大きさである。この光カプラ106では、光ファイバアンプ通信システム100の上り線路からの戻り光（FSK CW信号発生器104により周波数シフトされた状態）と上記プローブ光源103からのプローブ光とが光結合される。

【0005】上記光カプラ106で光結合された光は、OBR 107に入力されている。このOBR 107では、ヘテロダイン検波が行われ、 $(\lambda_P + \Delta\lambda) - (\lambda_P) = \Delta\lambda$ となることから、図6に示すような $\Delta\lambda$ のみの波形の信号が出力される。

【0006】OBR 107から出力された信号はBPF (バンドパスフィルタ) 108および包絡線検波器109を順次介して信号処理部110入力されている。BPF (バンドパスフィルタ) 108を通過した信号は包絡線検波器109にて包絡線検波が行われ、図7(a)に示すような波形の電気信号として信号処理部110に入力される。信号処理部110では、入力された電気信号は信号処理により対数変換され、図7(b)に示す波形となり、その波形が不図示の表示装置に表示される。そして、その表示された波形に基づいて各光ファイバの損

失および破断点の位置等を知ることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のコヒーレントOTDR装置には以下のような問題がある。

【0008】これまでに使用されている、例えば光海底ケーブルなどの光ファイバアンブ光通信システムは、単一波長なので、ローディング光源の波長 λ_L およびプローブ光源の波長 λ_P は実際に通信に使用される波長に合わせて固定されている。具体的には、図8に示すように、通信波長を λ_S としたとき、プローブ光源の波長 λ_P をその通信波長 λ_S と同じ波長とし、ローディング光源の波長 λ_L はプローブ光源の波長 λ_P を基準に任意固定の波長とされる。このようにローディング光源の波長 λ_L およびプローブ光源の波長 λ_P が固定のコヒーレントOTDR装置においては、プローブ光 λ_P が通信チャンネルの波長と重なるため、通信中（インラインサービス中）の線路特性の測定を行うことはできないという問題点がある。

【0009】また、現在では、大容量化のために光通信の波長多重（WDM）方式が検討されており、上記のようにローディング光源の波長 λ_L およびプローブ光源の波長 λ_P が固定のコヒーレントOTDR装置では、波長多重の各チャンネル波長での線路の特性を測定することはできないという問題点がある。

【0010】本発明の目的は、上記問題を解決し、通信中（インラインサービス中）でも線路特性の測定を行うことができ、さらには、光ファイバアンブを用いた波長多重光通信システムの各チャンネルに関する線路の障害点探索を行うことのできるコヒーレントOTDR装置およびコヒーレントOTDR測定方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明のコヒーレントOTDR装置は、光ファイバ通信システムを構成する被測定光ファイバにコヒーレント光パルスを入射し、該被測定光ファイバからの戻り光を基に線路特性を測定するコヒーレントOTDR装置において、波長可変ローディング光源と、波長可変プローブ光源と、前記波長可変ローディング光源から出射されたローディング光および前記波長可変プローブ光源から出射されたプローブ光を入力とし、これらから所定の繰り返し周波数のタイミング信号を基に前記コヒーレント光パルスを生成するコヒーレント光パルス生成手段と、前記光ファイバ通信システムにて使用されるチャンネル波長に応じて、前記波長可変ローディング光源および波長可変プローブ光源の波長を制御する波長制御手段と、を有することを特徴とする。

【0012】上記の場合において、光ファイバ通信システムが波長多重光通信可能なシステムであり、前記波長制御手段が、前記波長多重光通信における各チャンネル

波長に応じて、前記波長可変ローディング光源および波長可変プローブ光源の波長を制御するものとしてもよい。

【0013】本発明のコヒーレントOTDR測定方法は、波長多重光通信可能な光ファイバ通信システムを構成する被測定光ファイバに、プローブ光とローディング光から生成されたコヒーレント光パルスを入射し、該被測定光ファイバからの戻り光を基に線路特性を測定するコヒーレントOTDR測定方法であって、前記波長多重光通信における各チャンネル波長毎に、前記プローブ光の波長を測定するチャンネル波長と同じ波長に設定して、前記ローディング光の波長を該設定されたプローブ光の波長から所定間隔ずれた波長に設定することを特徴とする。

【0014】＜作用＞上記のように構成される本発明によれば、ローディング光およびプローブ光の波長を制御することができるので、コヒーレント光パルスの波長を通信波長とは異なる波長に設定することができ、これにより通信中（インラインサービス中）でも線路特性の測定が可能となる。

【0015】さらに、本発明によれば、コヒーレント光パルスの波長を波長多重光通信における各チャンネル波長に応じて設定することができるので、各チャンネル波長における線路特性を測定することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0017】図1は本発明の一実施例のコヒーレントOTDR装置の概略構成を示すブロック図である。

【0018】図1において、本コヒーレントOTDR装置は、所定の長さの光ファイバが光アンブでつながった波長多重光通信可能な光ファイバアンブ通信システム100'と接続されており、前述した従来のもの同様にコヒーレント光パルスを光ファイバアンブ通信システム100'の被測定光ファイバに入力し、該被測定光ファイバからの戻り光を光ヘテロダイン検波（あるいは光ホモダイン検波）で検出し、その光ファイバの損失および破断点の位置等を測定するが、最も特徴となる点は、波長多重光通信の各チャンネルに関する線路の障害点の探索が可能なることにある。その構成は、タイミング信号発生器1、波長可変ローディング光源2、波長可変プローブ光源3、FSK CW信号発生器4、EDFA5、光カプラ6、OBR7、BPF（バンドパスフィルタ）8、包絡線検波器9、信号処理部10、および波長制御部11よりなる。

【0019】波長可変ローディング光源2および波長可変プローブ光源3は、その出力する光の波長を波長制御部11からの波長制御信号に基づいて可変することができる。波長可変ローディング光源2からの出力光（ローディング光 λ_L ）はFSK CW信号発生器4に入力され、波

5

長可変プローブ光源3からの出力光(プローブ光 λ_P)はFSK CW信号発生器4に入力されるとともに光カプラ6に入力されている。光の波長を可変する手段としては、例えばレーザの温度を制御することにより行うことができ、この場合にはその温度制御を行う信号が制御信号とされる。

【0020】FSK CW信号発生器4は、ローディング光源2およびプローブ光源3からのローディング光 λ_L およびプローブ光 λ_P を入力とし、これらからタイミング信号発生器1からのタイミング信号に基づいてプローブ光 λ_P の波長を所定周波数シフトさせたパルス状のコヒーレント光パルスを出力する(図4参照)。このFSK CW信号発生器4から出力されたコヒーレント光パルスはEDFA5を介して光ファイバアンブ通信システム100'の下り線路に入力されている。

【0021】光カプラ6には、光ファイバアンブ通信システム100'の上り線路が光カプラ101aを介して接続されており、この上り線路より上記光ファイバアンブ通信システム100'の下り線路に入力されたFSK CW信号発生器4からのコヒーレント光パルスの戻り光が入力される。ここで、戻り光は、図5に示す2つの成分からなる。1つは、プローブ光源に対する応答で、各アンブにて接続された光ファイバの損失、波断の情報を含む。もう1つは、ローディング光源による戻り光で、ほぼ一定の大きさである。この光カプラ6では、光ファイバアンブ通信システム100'の上り線路からの戻り光と上記プローブ光源3からのプローブ光 λ_P とが光結合される。

【0022】上記光カプラ6で光結合された光は、OBR107に入力されている。このOBR7では、ヘテロダイン検波が行われ、 $(\lambda_P + \Delta\lambda) - (\lambda_P) = \Delta\lambda$ となることから、 $\Delta\lambda$ のみの波形の信号が出力される(図6参照)。

【0023】OBR7から出力された信号はBPF(バンドパスフィルタ)8および包絡線検波器9を順次介して信号処理部10に入力されている。BPF(バンドパスフィルタ)8を通過した信号は包絡線検波器9にて包絡線検波が行われ、電気信号(図7(a)参照)として信号処理部10に入力される。信号処理部10では、入力された電気信号は信号処理により対数変換され、図7(b)に示す波形となり、その波形が不図示の表示装置に表示される。そして、その表示された波形により、各光ファイバの損失および破断点の位置等を知ることができる。

【0024】次に、本実施例のコヒーレントOTDR装置の具体的な線路特性の測定について図2を参照して説明する。以下の説明では、光ファイバアンブ通信システム100'において行われる波長多重光通信の各チャンネル波長をそれぞれ λ_1 , λ_2 , λ_3 , λ_4 として、各チャンネル波長の線路特性の測定を説明する。

6

【0025】チャンネル波長 λ_1 に関する線路特性(線路の損失および破断点)を測定する場合は、まず、プローブ光源3のプローブ光 λ_P の波長がそのチャンネル波長 λ_1 と一致するように波長制御部11により制御される(プローブ光 λ_{P1})。プローブ光 λ_P の波長がそのチャンネル波長 λ_1 と一致すると、続いてローディング光源2のローディング光 λ_L の波長がそのチャンネル波長 λ_1 に一致したプローブ光 λ_P と一定間隔を保つように制御される(ローディング光 λ_{L1})。

10 【0026】上記のようにして波長が制御されたプローブ光 λ_{P1} およびローディング光 λ_{L1} は、さらにFSK CW信号発生器4においてプローブ光 λ_{P1} の周波数がシフトされ、コヒーレント光パルスとしてEDFA5を介して光ファイバアンブ通信システム100'の下り線路に入力される。

【0027】コヒーレント光パルスが光ファイバアンブ通信システム100'の下り線路に入力されると、光カプラ106bを介してその戻り光が光カプラ6に入力され、光カプラ6にてプローブ光源3からのプローブ光 λ_{P1} と光結合される。

【0028】光カプラ6にて光結合された光はOBR107、BPF(バンドパスフィルタ)8、包絡線検波器9を順次介して信号処理部10に入力されて信号処理される。

【0029】続いて、チャンネル波長 λ_2 に関する線路特性(線路の損失および破断点)を測定する場合は、上述の場合と同様に、プローブ光源3のプローブ光 λ_P の波長がそのチャンネル波長 λ_2 と一致するように制御し、ローディング光源2のローディング光 λ_L の波長がそのチャンネル波長 λ_1 に一致したプローブ光 λ_P と一定間隔を保つように制御する。これにより、チャンネル波長 λ_2 に関する線路特性(線路の損失および破断点)の測定が行われる。

【0030】チャンネル波長 λ_3 および λ_4 に関する線路特性(線路の損失および破断点)の測定についても上述と同様のプローブ光 λ_P およびローディング光 λ_L の波長制御が行われ、それぞれのチャンネル波長に関する線路特性(線路の損失および破断点)の測定が行われる。

40 【0031】以上のように、本実施例のコヒーレントOTDR装置では、プローブ光 λ_P およびローディング光 λ_L の各波長を任意に設定することができるので、各チャンネル波長毎に線路の特性を測定することが可能となっている。

【0032】なお、上述の説明では、プローブ光 λ_P を測定するチャンネル波長と一致させるようにしたが、プローブ光 λ_P を測定するチャンネル波長からずらすことにより、通信中(インラインサービス中)でも線路特性の測定を行うことができるようになる。例えば、図2に示すインラインでの測定の場合のように、プローブ光 λ

7

をチャンネル波長 λ_1 と λ_2 の中間の波長とすることにより、通信中（インラインサービス中）における線路特性の測定が可能と成る。

【0033】

【発明の効果】本発明は、以上説明したようにコヒーレント光パルスの波長を通信波長とは異なる波長に設定することができるので、通信中（インラインサービス中）でも線路特性の測定ができ、利用者へのサービスの品質が向上するという効果がある。

【0034】さらには、波長多重光通信における各チャンネル波長に応じてコヒーレント光パルスの波長を設定することができるので、波長多重光通信可能な光ファイバ通信システムの各チャンネルに関する線路特性が測定可能なコヒーレントOTDR装置を提供することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例のコヒーレントOTDR装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示したコヒーレントOTDR装置における波長制御の一例を示す図である。

【図3】従来のコヒーレントOTDR装置の概略構成を示すブロック図である。

【図4】（a）はコヒーレント光パルスを光パワーで示

8

した図、（b）はコヒーレント光パルスを周波数で示した図である。

【図5】各光ファイバにおける光波形を説明するための図である。

【図6】ヘテロダイン検波後の波形を示す波形図である。

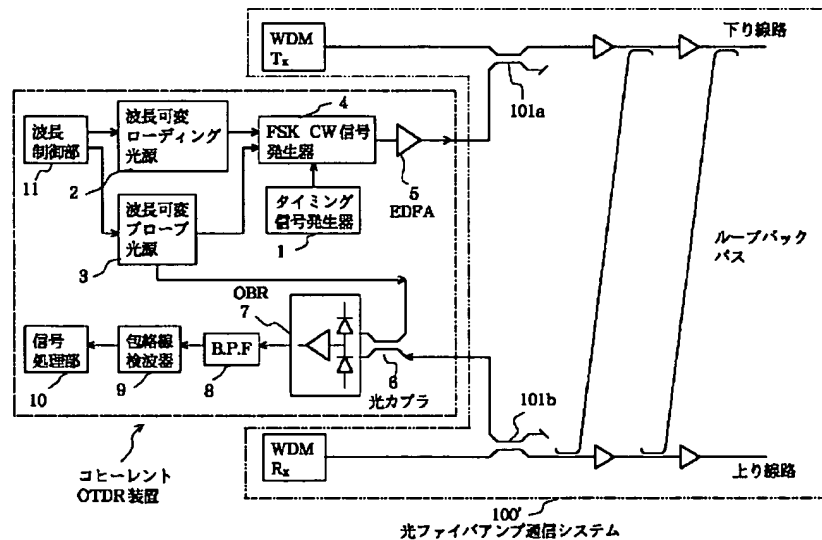
【図7】（a）は包絡線検波が行われた電気信号の波形を示す波形図、（b）は信号処理後の波形を示す波形図である。

【図8】図3に示したコヒーレントOTDR装置における波長設定の一例を示す図である。

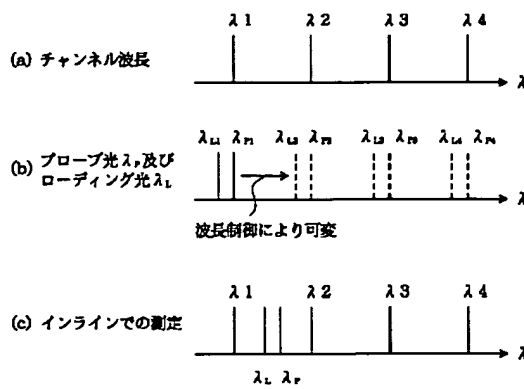
【符号の説明】

- 1 タイミング信号発生器
- 2 波長可変ローディング光源
- 3 波長可変プローブ光源
- 4 FSK CW信号発生器
- 5 EDFA
- 6 光カプラ
- 7 OBR
- 8 BPF
- 9 包絡線検波器
- 10 信号処理部
- 11 波長制御部

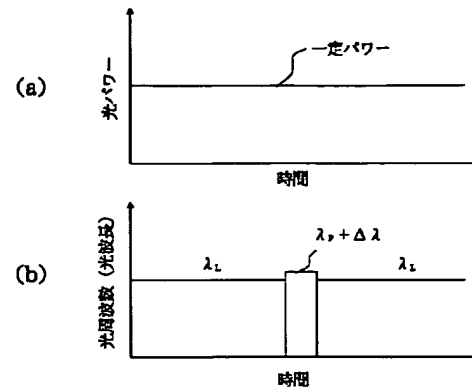
【図1】



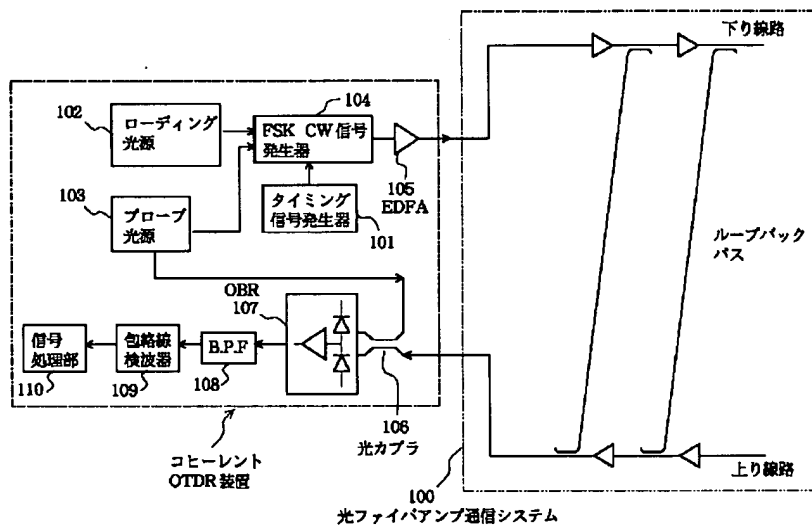
【図2】



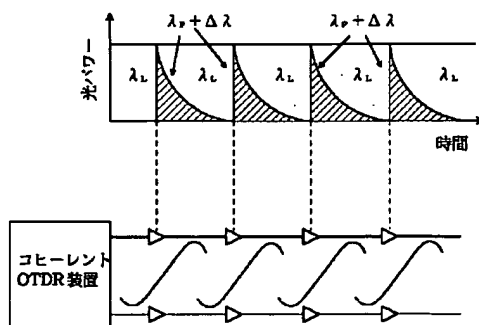
【図4】



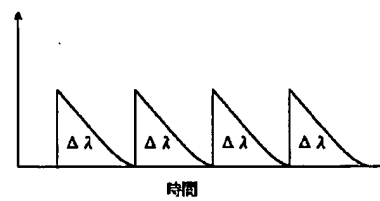
【図3】



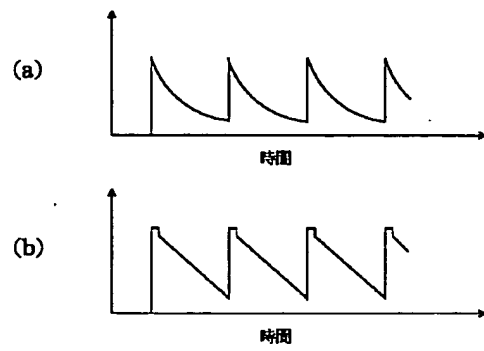
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

